

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-273382 ✓
(P2003-273382A)

(43)公開日 平成15年9月26日 (2003.9.26) ✓

(51)Int.Cl.⁷
H 0 1 L 31/04

識別記号

F I
H 0 1 L 31/04

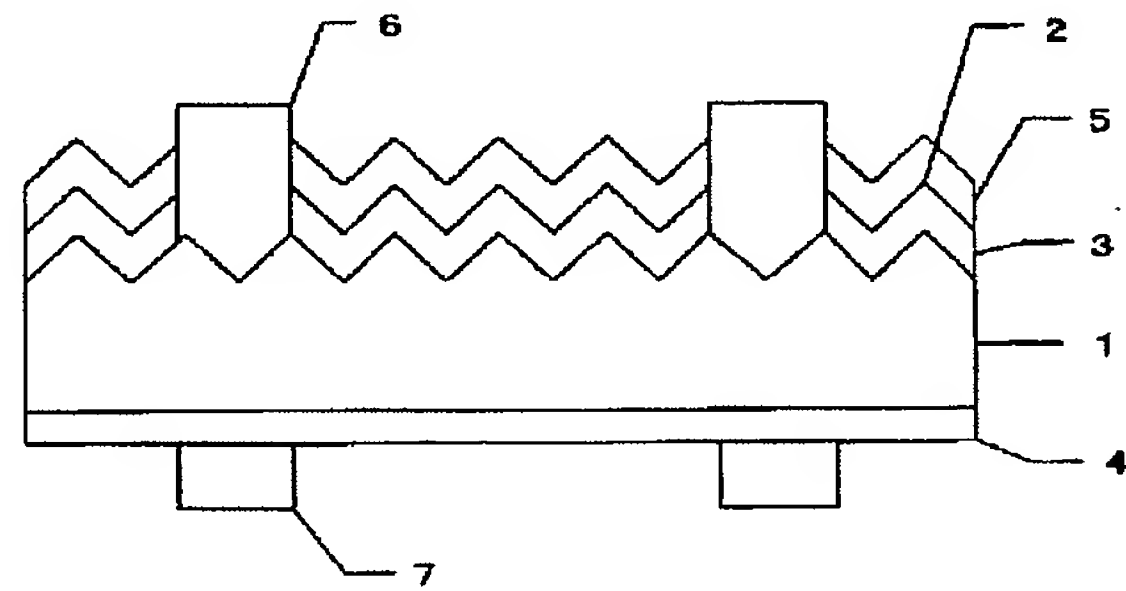
テームコード* (参考)
F 5 F 0 5 1
A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21)出願番号	特願2002-67444(P2002-67444)	(71)出願人	000006633 京セラ株式会社 ✓ 京都府京都市伏見区竹田島羽殿町6番地
(22)出願日	平成14年3月12日(2002.3.12)	(72)発明者	松原 康弘 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内
		(72)発明者	府川 祐子 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内
		Fターム(参考)	5F051 AA03 CB05 CB12 CB13 CB20 CB22 CB29 DA03 FA10 GA14 HA03 HA20

(54)【発明の名称】 太陽電池素子

(57)【要約】
【課題】 高特性が得られる太陽電池を安価に製造することを目的とする。
【解決手段】 微細な突起2を多数有し、一導電型半導体不純物を含むシリコン基板1の表面側に逆導電型半導体不純物3を含むと共に、表面にパッシベーション膜5を形成した太陽電池素子において、上記パッシベーション膜5における32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素酸：水＝1：2の水溶液を用いたときのエッチングレートが350Å/min以下であることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 微細な突起を多数有し、一導電型半導体不純物を含有するシリコン基板の表面側に逆導電型半導体不純物を含有させると共に、表面にパッシベーション膜を形成した太陽電池素子において、前記パッシベーション膜における32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素酸：水＝1：2の水溶液を用いたときのエッチングレートが350Å/min以下であることを特徴とする太陽電池素子。

【請求項2】 上記パッシベーション膜の水素含有濃度が $1 \times 10^{22} \sim 1 \times 10^{23} \text{ atoms/cm}^3$ である請求項1記載の太陽電池素子。

【請求項3】 前記パッシベーション膜が窒化珪素膜であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の太陽電池素子。

【請求項4】 前記窒化珪素膜が反射防止膜を兼ねており、その屈折率が1.8～2.6、厚みが50～1200Åであることを特徴とする請求項3記載の太陽電池素子。

【請求項5】 前記微細な突起の幅が2μm以下であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項6】 前記微細な突起の高さが2μm以下であることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項7】 前記微細な突起のアスペクト比が0.1～2であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項8】 前記微細な突起の裾部分に点欠陥が存在することを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項9】 前記シリコン基板の表面のシート抵抗が60～300Ω/□であることを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項10】 前記シリコン基板が多結晶シリコンからなることを特徴とする請求項1ないし9のいずれかに記載の太陽電池素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は太陽電池素子に関し、特に表面に光の反射を防止するための微細な突起が多数形成された太陽電池素子に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】 近年エネルギー消費が増大する中で、そのエネルギー源の確保が重要視されている。現状ではエネルギーの大部分は火力発電および原子力発電に依存している。しかしながら、火力発電においては二酸化炭素による地球温暖化の問題がある。また、原子力発電においては事故時の放射能汚染の危険性や放射性廃棄物の処理方法などの問題が

指摘されており、長期的な視点では地球環境の問題をはらんでいる。そのような中、太陽エネルギーを電気エネルギーに直接変換する太陽電池がその無公害性の点から近年クローズアップされてきており、大量生産の技術や低コスト化および高効率化の技術の重要性が高まっている。

【0003】 太陽電池のうち主要なものは使用材料の種類により結晶系、アモルファス系、化合物系などに分類される。このうち、現在市場で流通しているのはほとんどが結晶系シリコン太陽電池である。この結晶系シリコン太陽電池はさらに単結晶型、多結晶型に分類される。単結晶型シリコン太陽電池は基板の品質がよいために高効率化が容易であるという長所を有する反面、基板の製造コストが大きいという短所を有する。それに対し、多結晶型シリコン太陽電池は基板品質が劣るために高効率化が難しいという弱点はあるものの、低コストで製造できるというメリットがある。しかしながら、最近では多結晶シリコン基板の品質の向上やセル化技術の進歩により研究レベルでは18%程度までの変換効率が達成されている。

【0004】 一方、量産レベルの多結晶シリコン太陽電池は従来より低コストであったために市場に流通してきたが、近年環境問題が取りざたされる中で需要が増してきており、低コストで且つより高い変換効率が求められるようになった。

【0005】 図7を用いて従来のシリコン太陽電池の製造工程を説明する。まず、図7(a)のようにシリコン基板1を準備する。そして、図7(b)に示すようにシリコン基板1をn型不純物雰囲気中で熱処理などして、シリコン基板1の表面近傍全面に一定の深さまでn型不純物を拡散させてn型を呈する拡散層3を形成する。次に図7(c)に示すように、シリコン基板1の表面にCVD装置などでパッシベーション膜5を形成する。また、拡散層3を分離した後、さらに図7(d)に示すように、シリコン基板1の表面に銀ペーストを、裏面にはアルミペーストおよび銀ペーストをスクリーン印刷して焼成することにより表面電極6および裏面電極7が同時に形成される。最後に、各電極が形成されたシリコン基板1をはんだ槽に浸漬して受光面電極、および裏面の銀電極にはんだをコーティングしてはんだ層を形成する。

【0006】 ここで、拡散層3を作製するn型不純物の拡散工程において、不純物濃度を下げることによって高い光発生電力を得ることができる。拡散される不純物濃度は、4探針法でシート抵抗として測定されるが、不純物濃度が減少してシート抵抗が増大することで高い発生電流および電圧を得ることができることがわかっている。しかし、パッシベーション膜の上から直接ペースト材料をスクリーンプリントして焼成することによって電極を形成するいわゆるファイヤースルーの方法では、0.3～0.5μm程度の浅い拡散層を設けたシリコン

基板表面に形成したパッシベーション膜材料を安定して溶融させることが難しい。この場合、半導体接合を破壊してしまうことがあり、そうすると太陽電池特性の曲線因子を低下させるという問題がある。

【0007】また、高特性化の別の方法として、パッシベーション技術がある。これは表面およびバルクのパッシベーションに大別される。前述したように特に多結晶型シリコン太陽電池は単結晶型シリコン太陽電池と比較し、基板品質が劣るため高効率化が難しいという問題がある。そこで多結晶型シリコン太陽電池では、バルクパッシベーションが重要となる。水素を含有したパッシベーション膜を表面に形成することによって、バルクパッシベーション効果を得るということが、従来より行われてきた。これはパッシベーション膜に含有された水素を基板内に拡散させるというものである。ここで拡散の概念として、膜中の不純物含有濃度が高くなるほどより拡散効果は高くなるし、拡散温度が高いほど拡散効果は高くなる。つまり、太陽電池に使われるパッシベーション膜の成膜時に水素含有量を増やし、成膜温度を上げる条件にすることが太陽電池の高特性化につながる。これはパッシベーション膜の成膜温度を上げたり、ガス条件を変更したり、RFパワーを変更するなど、成膜の諸条件を特定値に設定することにより実現できる。しかし、この条件にするとパッシベーション膜のエッチング速度が遅くなるという問題点がある。この方法に上記ファイヤースルーの方法を組み合わせると、エッチング速度が遅くなったことにより、電極形成時にパッシベーション膜材料が従来より溶融しにくくなるため、電極形成温度を上げたり、形成時間を延ばすなど、従来より過酷な条件で電極を形成することにより、電極とシリコンのコンタクトをとる。つまり半導体接合を破壊せずにパッシベーション膜材料を溶融させ、良好なコンタクトを取ることがさらに難しくなる。

【0008】本発明はこのような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、高特性が得られる太陽電池を安価に製造することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係る太陽電池素子は、微細な突起を多数有し、一導電型半導体不純物を含有するシリコン基板の表面側に逆導電型半導体不純物を含有させると共に、表面にパッシベーション膜を形成した太陽電池素子において、前記パッシベーション膜における32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素酸：水＝1：2の水溶液を用いたときのエッチングレートが350Å/min以下であることを特徴とする。

【0010】上記太陽電池素子では、前記パッシベーション膜の水素含有濃度が $1 \times 10^{22} \sim 1 \times 10^{23}$ atoms/cm³であることが望ましい。

【0011】また、上記太陽電池素子では、前記パッシ

ベーション膜が窒化珪素膜であることが望ましい。

【0012】また、上記太陽電池素子では、前記窒化珪素膜が反射防止膜を兼ねており、その屈折率が1.8～2.6、厚みが50～1200Åであることが望ましい。

【0013】また、上記太陽電池素子では、前記微細な突起の幅が2μm以下であることが望ましい。

【0014】また、上記太陽電池素子では、前記微細な突起の高さが2μm以下であることが望ましい。

10 【0015】また、上記太陽電池素子では、前記微細な突起のアスペクト比が0.1～2であることが望ましい。

【0016】また、上記太陽電池素子では、前記微細な突起の裾部分に点欠陥が存在することが望ましい。

【0017】また、上記太陽電池素子では、前記シリコン基板の表面のシート抵抗が60～300Ω/□であることが望ましい。

【0018】また、上記太陽電池素子では、前記シリコン基板が多結晶シリコンからなることが望ましい。

20 【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を添付図面に基づき詳細に説明する。図1は本発明に係る一実施形態を示す太陽電池セルの構造である。図1において1はシリコン基板、2は微細な突起、3は受光面側不純物拡散層、4は裏面側不純物拡散層(BSF)、5は表面パッシベーション膜、6は表面電極、7は裏面電極を示している。

【0020】前記シリコン基板1は単結晶もしくは多結晶のシリコン基板である。この基板1はp型、n型いずれでもよい。単結晶シリコンの場合は引き上げ法などによって形成され、多結晶シリコンの場合は鋳造法などによって形成される。多結晶シリコンは、大量生産が可能で製造コスト面で単結晶シリコンよりもきわめて有利である。引き上げ法や鋳造法によって形成されたインゴットを300μm程度の厚みにスライスして、10cm×10cmもしくは15cm×15cm程度の大きさに切断してシリコン基板となる。

40 【0021】シリコン基板1の表面側には、入射した光を反射させずに有効に取り込むために微細な突起2を形成する。

【0022】シリコン基板1を用いて太陽電池素子を形成する場合に、基板1の表面を水酸化ナトリウムなどのアルカリ水溶液でエッチングすると、表面に微細な突起2（凹凸）が形成され、基板1の表面の反射をある程度低減させることができる。

【0023】面方位が（100）面の単結晶シリコン基板を用いた場合は、このような方法でテクスチャー構造と呼ばれるピラミッド構造を基板表面に均一に形成することができるものの、多結晶シリコン基板で太陽電池素子を形成する場合、アルカリ水溶液によるエッチングは

結晶の面方位に依存することから、ピラミッド構造を均一には形成できず、そのため全体の反射率も効果的には低減できないという問題がある。

【0024】このような問題を解決するために、太陽電池素子を多結晶シリコン基板で形成する場合に、基板1の表面に微細な突起2を反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching)法で形成することが望ましい。この方法によると、多結晶シリコンにおける不規則な結晶の面方位に左右されることなく、微細な突起2を均一に形成することができ、特に多結晶シリコンを用いた太陽電池素子においては、反射率をより効果的に低減することができるようになる。

【0025】すなわち、真空引きされたチャンバー内にガスを導入し、一定圧力に保持して、チャンバー内に設けられた電極にRF電力を印加することでプラズマを発生させ、生じた活性種であるイオン・ラジカル等の作用により基板表面をエッチングするものである。一般的に反応性イオンエッチング(RIE)法と呼ばれるこの方法は図2および図3のように示される。両図における装置では、真空ポンプ12で真空引きしたチャンバー内にマスフローコントローラー8を通してガスを導入し、圧力調整器11で一定圧力に保持して、チャンバー内のRF電極10にRF電力を印加することでプラズマを発生させてエッチングする。一般的に、発生した活性種のうち、イオンがエッチングに作用する効果を大きくした方法を反応性イオンエッチング法と呼んでいる。似た方法にプラズマエッチングなどがあるが、基本的にプラズマ発生の原理は同様であり、基板に作用する活性種の種類の分布をチャンバー構造あるいは電極構造により変化させたものである。そのため、本発明は反応性イオンエッチング法だけに限らず、広くプラズマエッチング法全般において、基板表面に欠陥を伴う凹凸を形成した太陽電池素子に対して有効である。本発明では例えば酸素(O_2)を10 sccm、 SF_6 を80 sccm流しながら、反応圧力7 Pa、プラズマを発生させるRFパワー800 Wで5分間エッチングを行った。これによりシリコン基板1の表面には微細な突起2(凹凸構造)が形成される。

【0026】この微細な突起2は円錐形もしくはそれが連なったような形状を呈し、RIE法でガス濃度もしくはエッチング時間を制御することにより、その大きさを変化させることができる。この微細な突起2の幅と高さはそれぞれ2 μm 以下に形成することが望ましい。2 μm 以上にすると、後述する拡散により、凸部全体をn層にすることができなくなるからである。この微細な突起2をシリコン基板1の必要部分全面にわたって均一かつ正確に制御性を持たせて形成するためには、1 μm 以下が好適である。この微細突起2のアスペクト比(凹凸部の高さ/幅)は0.1~2であることが望ましい。このアスペクト比が0.1以下の場合、例えば波長500

~1000 nmの光の平均反射率が25%程度であり、半導体基板1表面での反射率が大きくなる。また、このアスペクト比が2以上の場合、製造過程で微細な突起2が破損し、太陽電池素子を形成した場合にリーク電流が多くなって良好な出力特性が得られない。

【0027】シリコン基板1の表面側には、不純物拡散層3が形成されている。この不純物拡散層3は、シリコン基板1内に半導体接合部を形成するために設けるものであり、例えばn型の不純物を拡散させる場合、 $POCl_3$ を用いた気相拡散法、 P_2O_5 を用いた塗布拡散法、および P^+ イオンを直接拡散させるイオン打ち込み法などによって形成される。この逆導電型半導体不純物を含有する層3は0.3~0.5 μm 程度の深さに形成される。

【0028】このシリコン基板1の表面側には、パッシベーション膜5が形成されている。一方、多結晶シリコン太陽電池の高効率化のためには、多結晶シリコンに水素を導入し、結晶欠陥や不純物をパッシベーションする技術が不可欠である。これは、水素が結晶欠陥や不純物と相互作用して、バンドギャップ中の準位を伝導帯や荷電子帯の近くや中に移動させるものである。このパッシベーション効果については、シリコン基板表面に生成された点欠陥により水素の拡散が助長されることが知られている(たとえばSolar Energy Materials and Solar Cells 41 / 42 (1996) 159-169のHydrogen in silicon: A discussion of diffusion and passivation mechanisms(シリコン中の水素: 拡散とパッシベーションのメカニズムの検討)参照)。先に述べた反応性イオンエッチング法は、シリコン基板表面の反射率を効果的に低減できると同時に、この点欠陥を積極的に生成できる。

【0029】表面の突起2(凹凸形状)を2.0 μm 以下と微細にすることにより、突起2の上部領域では両側からリンの拡散が進行する。リンが拡散される深さが約0.4 μm 程度であるため、微細な突起2の上部ではヤマ全てがn型となる。そのため、突起2の上部では不純物濃度が上がって抵抗が下がる。

【0030】また、銀ペーストの印刷焼成で形成された表面電極とシリコン界面の断面TEM像を図4に示す。突起2(凹凸)の下部(谷部)15にフリットが溜まって空間16が存在するのに対し、突起2(凹凸)の上部17では電極材料(銀)が接している。この銀が接している突起2の上部17には、リンが高濃度に拡散されているため、従来よりも高温で形成したエッチングレートの遅いパッシベーション膜5にファイヤースルーの方法を行っても接合破壊がおきにくく、銀とシリコンの接触抵抗を大きく低減することもできる。つまり、表面に微細な突起2を多数形成することで、シート抵抗を増大させても高特性の太陽電池を安価に製造することが可能となる。

【0031】そして、さらに高効率化するためにシリコン基板1の表面を反応性イオンエッチング法および類似のドライエッチング法で粗面状にする際に、シリコン基板1表面の主に凹部にダメージ（点欠陥）が残るようなエッチング条件で突起2を形成した後、プラズマCVD法で、膜中水素濃度が $1.0 \times 10^{22} \sim 1.0 \times 10^{23}$ atoms/cm³である窒化珪素膜をパッシベーション膜兼反射防止膜として形成する。

【0032】また、その窒化珪素膜をプラズマCVD法で形成する際に、形成後の膜の屈折率が1.8～2.6、膜厚が50～1200 Åになるような条件で形成する。また、従来32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素酸：水＝1：2の水溶液を用いたときのエッチングレートが400 Å/minであったパッシベーション膜5を、32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素酸：水＝1：2の水溶液を用いたときのエッチングレートが350 Å/min以下になるようにコントロールして形成することによってさらに高特性の実現が可能になる。このような膜は例えば従来より成膜温度を50～300℃程度あげることによって実現できる。尚、この方法は一例であって、これに制限されるものではない。前述したようにガス条件を変更したり、RFパワーを変更する、もしくは温度を含めた各条件を組み合わせるなど、成膜の諸条件を特定値に設定することにより実現できる。上記屈折率、膜厚、エッチングレートの条件の組み合わせにより、高特性を実現できる。

【0033】このパッシベーション膜5は、先に形成された突起2（凹凸構造）の主に下部（凹部）に生成される点欠陥を介して、膜中水素の拡散が助長され、バルク中の不純物や結晶欠陥のパッシベーションをより有効にするために設けると同時に、シリコン基板1の表面で光が反射するのを防止して、シリコン基板1内に光を有効に取り込む反射防止膜として設ける。このパッシベーション膜5は、例えばプラズマCVD法で形成されるが、パッシベーション膜と反射防止膜を同時に兼ねることのできる窒化珪素膜が適しており、成膜時の反応ガス比等で膜中の水素濃度が $1.0 \times 10^{22} \sim 1.0 \times 10^{23}$ atoms/cm³となるように形成される。この膜中水素濃度が 1.0×10^{22} atoms/cm³以下の場合、パッシベーション効果が不十分となって特性の低下をもたらす。また、膜中水素濃度が 1.0×10^{23} atoms/cm³以上となっても、より大きなパッシベーション効果にはつながらず、成膜時の反応ガス使用量が増加したり、成膜条件の制御が困難となるなど、生産性の低下をもたらす。

【0034】また、一般に、反射防止膜（パッシベーション膜）の屈折率を n 、膜厚を d とすると、太陽電池の周辺物質の屈折率を n_0 、シリコン基板の屈折率を n_1 、入射光の波長を λ とした場合、 $n_2 = n_0 \cdot n_1$ および $4nd = \lambda$ となるような反射防止膜を形成することが望ま

しい。シリコン基板1の屈折率は3.5程度であり、太陽電池素子周辺が空気（ $n_0 = 1$ ）で覆われている場合は、反射防止膜5の屈折率は1.8～2.2程度、膜厚は600～900 Å程度がよい。

【0035】また、太陽電池素子をモジュール構造にした場合を考えると、一般に太陽電池素子上にガラスとエチレンビニルアセテート等の樹脂充填材が貼り付けられ、入射光はこれらを介して太陽電池素子に吸収されることになる。このガラスと充填材の屈折率は1.5程度であるため、太陽電池素子の反射防止膜の屈折率は2.2～2.6程度がよい。さらに、通常32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素酸：水＝1：2の水溶液を用いたときのエッチングレートが400 Å/minであったパッシベーション膜を、そのレートが350 Å/min以下になるようにコントロールして形成することによってさらに高特性の実現が可能になった。

【0036】なお、本発明に係るようなシリコン基板1の表面を粗面状にした場合は、シリコン基板1の表面自体で反射防止効果が得られることから、反射防止膜の膜厚を薄くしても十分な反射防止効果を得ることができ、膜厚は50 Åまで薄くしても特性低下をもたらすことはない。また、膜厚を900 Å以上にした場合も同様に、表面を粗面状にしない場合に比べて反射防止効果の低下は少なく、1200 Å程度まで大きな特性低下をもたらすことはない。

【0037】したがって、パッシベーション膜5の反射防止膜としての効果も考慮すると、屈折率1.8～2.6、膜厚50～1200 Åとなるパッシベーション膜を形成する必要がある。さらに、エッチングレートを350 Å/min以下にするためには、パッシベーション膜5の成膜温度は350～600℃であることが必要である。成膜温度が350℃以下の場合は、シリコン基板1中への水素の拡散速度が不十分であるため、パッシベーション効果が低く、十分な特性向上が得られない。また、成膜温度が600℃以上の場合は、成膜時のシリコン基板1の熱による反りが大きく、成膜分布が不均一になる、反りによる歪でシリコン基板1が割れやすくなるなどの不具合を生じる。

【0038】シリコン基板1の裏面側には、一導電型半導体不純物が高濃度に拡散された層4を形成することが望ましい。この一導電型半導体不純物が高濃度に拡散された層4は、シリコン基板1の裏面近くでキャリアの再結合による効率の低下を防ぐために、シリコン基板1の裏面側に内部電界を形成するものである。つまり、シリコン基板1の裏面近くで発生したキャリアがこの電界によって加速される結果、電力が有効に取り出されることとなり、特に長波長の光感度が増大すると共に、高温における太陽電池特性の低下を軽減できる。このように一導電型半導体不純物が高濃度に拡散された層4が形成されたシリコン基板1の裏面側のシート抵抗は、15 Ω/

□程度になる。

【0039】シリコン基板1の表面側および裏面側には、表面電極6および裏面電極7が形成されている。この表面電極6および裏面電極7は主にAg粉、バインダー、フリットなどからなるAgペーストをスクリーンプリントして焼成し、その上に半田層を形成する。表面電極6は、例えば幅200μm程度に、またピッチ3mm程度に形成される多数のフィンガー電極と、この多数のフィンガー電極を相互に接続する2本のバスバー電極で構成される。裏面電極7は例えば、幅300μm程度に、またピッチ5mm程度に形成される多数のフィンガー電極と、この多数のフィンガー電極を相互に接続する2本のバスバー電極で構成される。また、高特性化のために裏面に銀を主成分とした取り出し用電極と、取り出し用電極以外のほぼ全面にアルミニウムを主成分とした集電用電極を形成してもよい。その際には一導電型半導体不純物が高濃度に拡散された層4を電極形成前に形成しなくてもよい。

【0040】

【実施例】厚みが300μmで、比抵抗が1.5Ω・cmの15cm×15cm角の多結晶シリコンから成る基板をHNO₃:HF=7:1の溶液に浸漬して、片面15μmエッチングした後、酸素(O₂)を10sccm、六フッ化硫黄(SF₆)を80sccm流しながら、反応圧力7Pa、RFパワー800WでRIE法で基板表面に微細な凹凸構造を形成した。次に、シリコン基板の表面部のシート抵抗が80Ω/□となるようにリン(P)を拡散した。次に、シリコン基板の裏面側にアルミニウム(Al)ペーストをスクリーン印刷して750℃の温度で焼成した。このシリコン基板の裏面側のシート抵抗は15Ω/□であった。次に、シリコン基板の表面側に、プラズマCVD法で窒化珪素膜を形成した。この窒化珪素膜は、ガス条件等を振って、含有水素濃度を変えた5種類の成膜を行った。その際、屈折率は2.0~2.4、膜厚は800~900Åとなる条件で形成し、成膜温度は500℃とした。その後、シリコン基板の表裏両面に印刷、焼成法で銀(Ag)を被着して電極を形成し、半田ディップ法で電極表面に半田層を形成して太陽電池素子を形成した。

【0041】作成した各セルのパッシベーション膜における32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素酸:水=1:2の水溶液を用いたときのエッチング速度と特性の関係を図5に示す。エッチングレートが、450Å/minのとき14.21%であった変換効率がエッチングレートの低下に伴い向上し、エッチング速度が350Å/min以下のとき14.5%を超える特性を示す。エッチングレートと変換効率の明らかな相関が見られる。つまり32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素

酸:水=1:2の水溶液を用いたときのパッシベーション膜のエッチング速度が450Å/min以下のときに電気特性は向上する。

【0042】また、作製した各セルの窒化珪素膜中の水素濃度と電気特性との関係を図6に示す。なお、窒化珪素膜中の水素濃度は二次イオン質量分析法で測定した。また、膜厚および屈折率はエリブソメーターで測定した。

【0043】図6から分かるように、窒化珪素膜中の水素濃度が 1.4×10^{22} atoms/cm³以上のときは14.45%以上の変換効率を示すが、 8.0×10^{21} atoms/cm³の場合は、14.09%と明らかな電気特性の低下が認められる。つまり膜中の水素濃度が 1.4×10^{22} atoms/cm³以上のときに、電気特性が向上する。

【0044】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、微細な突起を多数有するシリコン基板の表面に形成したパッシベーション膜における32℃のフッ化水素46%含有のフッ化水素酸:水=1:2の水溶液を用いたときのエッチングレートが350Å/min以下であることから、変換効率の高いシリコン太陽電池素子となり、シリコン太陽電池の高性能化に大きく貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る太陽電池セルの構造を示す図である。

【図2】本発明に係る反応性イオンエッチング装置の一例を示す図である。

【図3】本発明に係る反応性イオンエッチング装置の一例を示す図である。

【図4】本発明に係る太陽電池素子の表面電極とシリコン界面との断面を示すTEM像である。

【図5】本発明に係る太陽電池セルの表面パッシベーション膜のエッチング速度と電気特性との関係を示す図である。

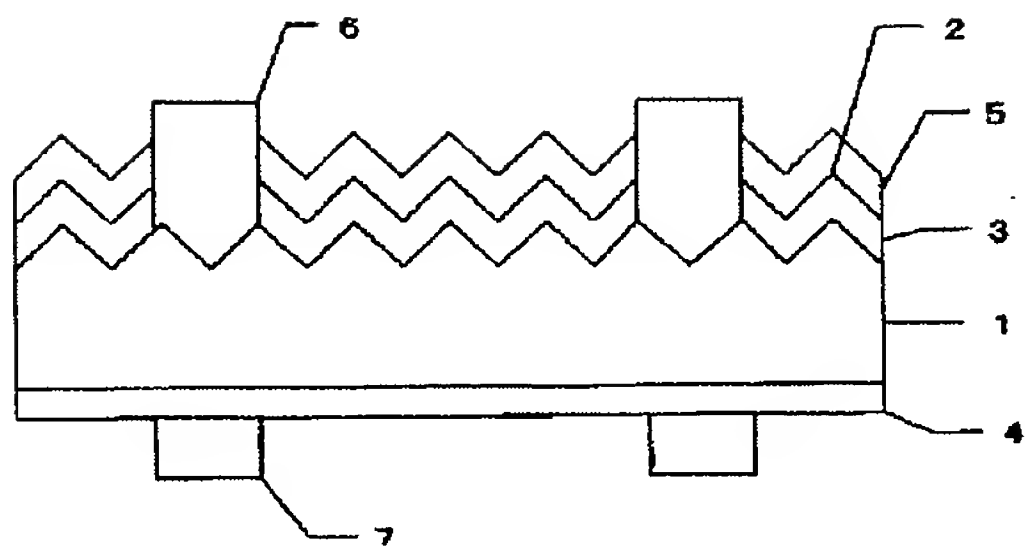
【図6】本発明に係る太陽電池セルの表面パッシベーション膜中の水素濃度と電気特性との関係を示す図である。

【図7】従来の太陽電池の一般的な構造を示す図である。

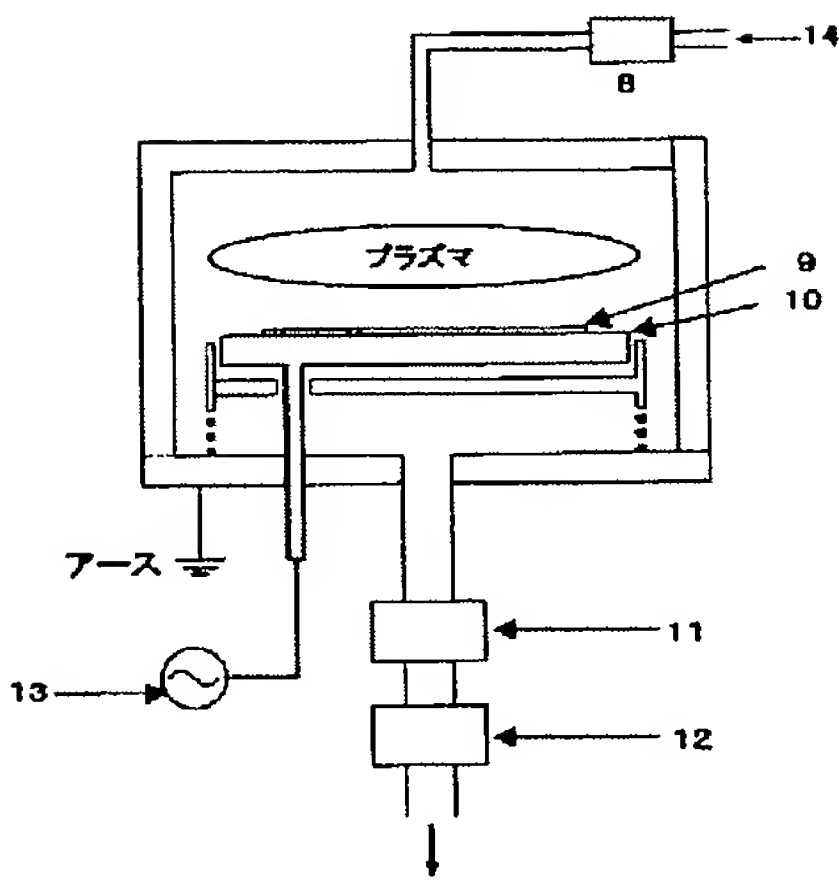
【符号の説明】

1:シリコン基板、2:表面凹凸構造、3:不純物拡散層、4:裏面不純物拡散層、5:パッシベーション膜、6:表面電極、7:裏面電極、8:マスフローコントローラー、9:シリコン基板、10:RF電極、11:圧力調整器、12:真空ポンプ、13:RF電源、14:ガス、15:凹凸の下部、16:空間、17:凹凸の上部

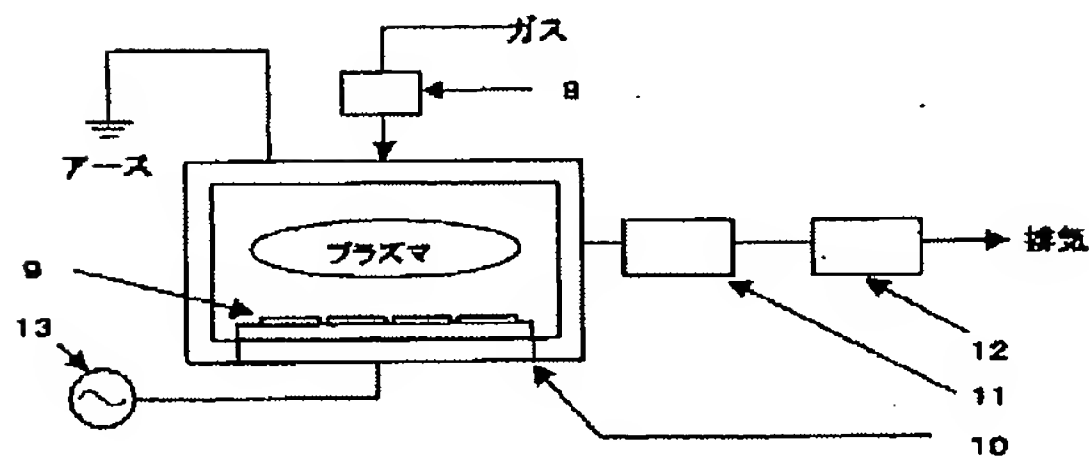
【図1】



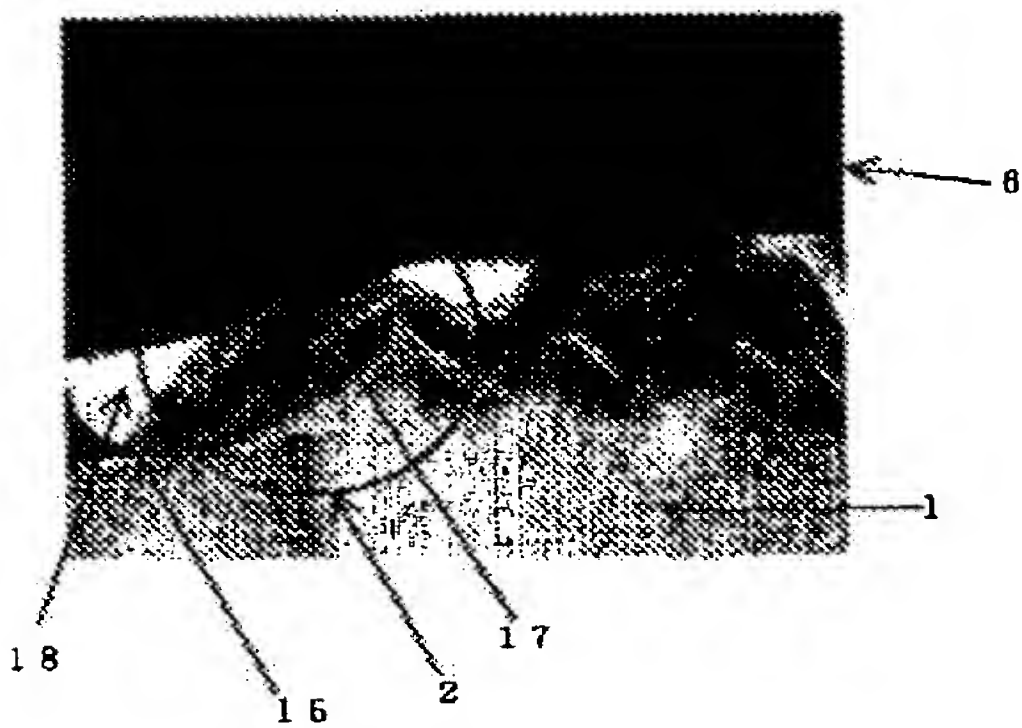
【図2】



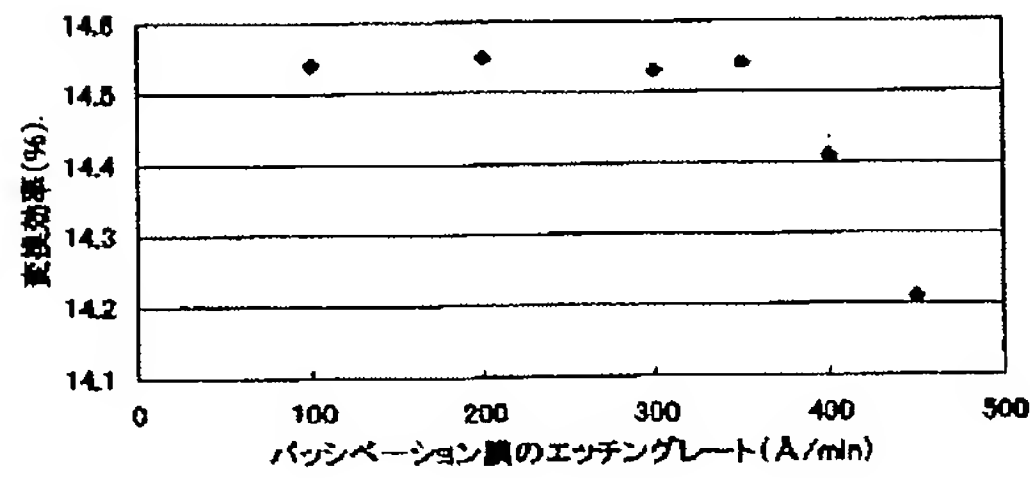
【図3】



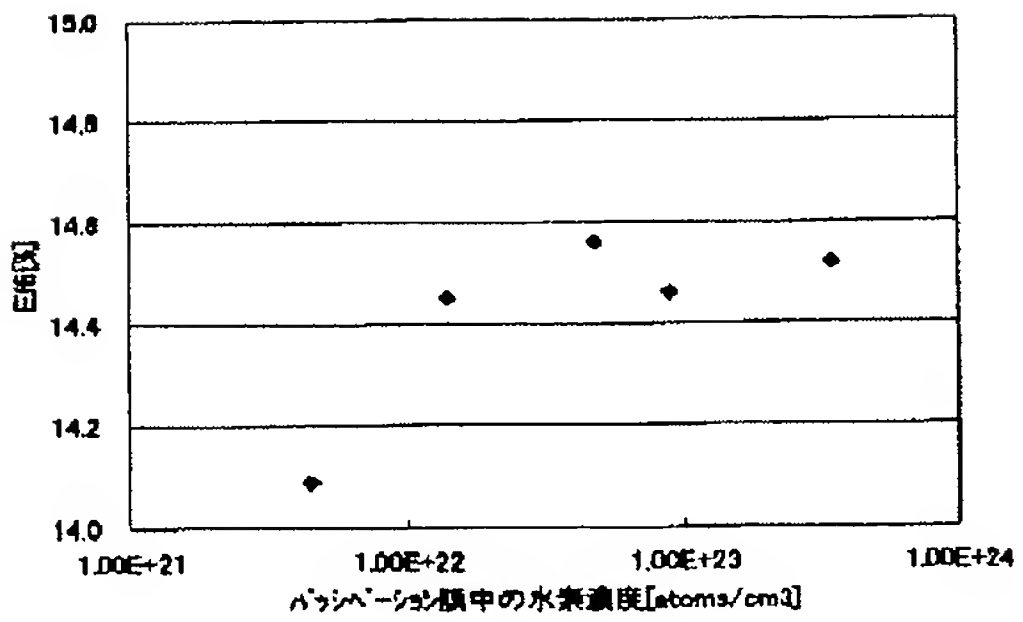
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

